УДК 551.242/243 + 553.078 + 553.41

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗОЛОТОРУДНО-РОССЫПНЫХ УЗЛОВ ОМОЛОНСКОГО И ПРИКОЛЫМСКОГО ТЕРРЕЙНОВ (Северо-Восток Азии)

Глухов А. Н.

*ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
им. Н. А. Шило ДВО РАН, г. Магадан
E-mail: gluhov76@list.ru*

Рассмотрено влияние тектоники и геодинамической эволюции докембрийских террейнов на продуктивность руд и россыпей на примере Омолонского массива и Приколымского поднятия. Кратко охарактеризованы геолого-генетические типы оруденения, приведены параметры рудно-россыпных узлов. Показано, что Омолонский массив представляет собой золоторудную, а Приколымское поднятие золотороссыпную металлогенические зоны. Обусловлено это принципиальными различиями тектонической структуры и геодинамической природы этих террейнов. Первый представляет собой жесткую структуру, консолидированную к началу неопротерозоя. Второй – составной террейн, близкий по строению к складчато-надвиговому поясу. Сделан вывод, что многие черты металлогении докембрийских террейнов объясняются особенностями их тектоники и геодинамической эволюции. В частности, продуктивность золоторудно-россыпных узлов находится в зависимости от наличия консолидированного дорифейского фундамента. Эта зависимость реализуется через морфологию и условия залегания рудных тел и рудоконтролирующих разломов, глубину их проникновения, спектр геолого-генетических типов минерализации и ее богатство.

Ключевые слова: золоторудно-россыпной узел, террейн, продуктивность, рудогенез, докембрий, консолидированный, чешуйчато-надвиговой, разлом, рудоконтролирующий.

DOI: 10.34078/1814-0998-2020-3-11-27

Рудные месторождения образуются в результате процессов перераспределения вещества мантии и земной коры, которые сопровождаются длительной тектонической и флюидной активностью (Овчинников, 1990). В этом контексте изучение структур длительного развития (начиная с архея и раннего протерозоя) актуально для понимания взаимосвязи тектогенеза и эволюции рудообразования и рудоконтролирующих структур.

В рамках аккреционной тектоники (Геодинамика..., 2006) структура Северо-Востока Азии предстает как совокупность орогенных поясов, взаимодействующих с окраиной Северо-Азиатского кратона (САК). Среди террейнов различной природы здесь выделяются кратонные и миогеоклинальные, представляющие собой фрагменты САК. Наиболее крупные среди них – Омолонский кратонный террейн (или Омолонский массив, далее – ОМ) и Приколымский миогеоклинальный террейн (традиционно именуемый также Приколымским поднятием, далее – ПК). Оба они входят в состав орогенных поясов Северо-Востока Азии позднеюрско-раннемелового возраста: ПК – Яно-Колымского (Геодинамика..., 2006), ОМ – Охотско-Корякского (Горячев и др., 2017) и имеют длительную историю геологического развития: наиболее древние U-Pb датировки комплексов первого составляют 2.4 млрд (Беус, Миледин, 1990), второго – 3.4 млрд лет (Бибикина и др., 1978) лет. Рудные концентрации здесь формировались в течение длительного времени и явились функцией широкого спектра породо- и рудообразующих процессов.

Как известно, «определенные типы месторождений проявляются при определенных тектонических режимах в определенных типах тек-

тонических структур» (Щеглов, 1989. С. 10), т. е. рассмотрение рудогенеза не может происходить в отрыве от тектоники. Металлогения докембрийских террейнов Северо-Востока Азии в контексте влияния на нее особенностей тектонического строения и геодинамического развития изучена недостаточно. В ограниченном числе публикаций, которые принадлежат одному коллективу исследователей, развиваются представления о тождественности факторов рудогенеза докембрийских террейнов – кратонных и пассивной континентальной окраины (Сидоров и др., 2008, 2012; Сидоров, Волков, 2015). Как идентичные традиционно рассматриваются и факторы, контролирующие размещение и параметры россыпей золота ОМ и ПК (Толпегин, Генкин, 1974; Россыпные..., 1997).

Ранее было показано влияние тектонических условий рудогенеза на структуру и морфологию рудных образований ОМ и ПК (Глухов, 2019). Рассмотрение влияния региональной тектоники на продуктивность руд и россыпей даст дополнительную информацию для суждений о факторах рудоконтроля и влиянии на них геодинамических факторов. В основу нашего анализа положены сведения о запасах, прогнозных ресурсах и количестве добытого из россыпей золота, почерпнутые из отчета М. Е. Городинского (2004 г.), а также опубликованные данные о запасах рудных месторождений Омолонского массива (Официальный сайт..., 2019). Использованы также фактический материал и результаты его обработки и интерпретации, собранные автором при проведении полевых и камеральных работ на Приколывье в 2007–2011 гг. и на Омолонском массиве в 2015–2017 гг.

Термин «рудный узел» в данной работе, в соответствии с Геологическим словарем (2010),

обозначает рудоносную площадь, отчетливо выделяющуюся на фоне слабо минерализованной окружающей территории и имеющую размеры от 100 до 2000 км². Вслед за Е. В. Плющевым с соавторами мы рассматриваем рудный узел, прежде всего, как «аномально рудоносный блок земной коры» (Плющев и др., 2016. С. 78), т. е. природный феномен, а не геолого-экономическое подразделение. Под «рудно-россыпным узлом» мы, соответственно, понимаем рудный узел, в пределах которого известны промышленные россыпные концентрации металла; т. е. рудно-россыпной узел – частный случай рудного узла. Часто, когда металлогенность узла полностью определяется россыпными концентрациями, говорят о «россыпных узлах» (Полеванов, 1988а). Однако коренные источники, даже если они неизвестны, тем не менее существовали, имели геолого-генетический тип; их проекцией является россыпь со всеми своими особенностями, включая типоморфизм и минеральные ассоциации самородного золота (Савва, Прейс, 1990). Рудный или рудно-россыпной район – это металлогенический таксон более высокого уровня, объединяющий несколько рудных узлов. Таким образом, в данной работе мы предлагаем изучение золоторудно-россыпных узлов и районов как инструмент для выявления региональных металлогенических закономерностей. Подобный подход сам по себе не нов и применялся ранее к другим золотоносным регионам (Третьякова, 2010; Степанов, Мельников, 2017).

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОМОЛОНСКОГО ТЕРРЕЙНА

В структуре ОМ (рис. 1) выделяются три яруса: дорифейский кристаллический фундамент, рифей – палеозойский чехол, сложенный терри-

Рис. 1. Тектоно-минерагеническая схема Омолонского террейна (Глухов, 2019, с дополнениями): 1 – дорифейский кристаллический фундамент; 2 – рифейско-среднеюрский и верхнеюрско-меловой структурный ярус; 3, 4 – вулканогенные пояса (3 – Кедонский, 4 – Охотско-Чукотский и Олойский); 5 – террейны складчатого обрамления (КН – Куларо-Нерский, ВЛ – Вилигинский, ЕР – Еропольский); 6 – гранитоиды; 7 – разломы; 8–13 – месторождения и рудопоявления различных геолого-генетических типов: 8 – железистые кварциты, 9 – железорудные скарны, 10 – медно- и молибден-порфировые, 11 – серебро-полиметаллические, 12 – эпitherмальные золото-серебряные, 13 – мезотермальные золото-полиметаллические и золото-редкометаллные; 14 – границы рудно-россыпных районов, 15 – границы Конгинской зоны ТМА

Арабскими цифрами обозначены номера месторождений и рудопоявлений, упомянутые в тексте и таблицах: 1 – Кубака, 2 – Биркачан, 3 – Ольча, 4 – Бургали, 5 – Елочка, 6 – Эвенское, 7 – Дальнее, 8 – Ирбычан, 9 – Невенрекан, 10 – Ороч, 11 – Джелты, 12 – Нижний Биркачан, 13 – Захаренко, 14 – Орлиное, 15 – Вулкан, 16 – Седое, 17 – Табор, 18 – Вечернее, 19 – Хрустальное, 20 – Прогнозное, 21 – Хивач, 22 – Коаргычан, 23 – Любимое, 24 – Туманное, 25 – Надежда, 26 – Юное, 27 – Маловодное, 28 – Рыжик, 29 – Дручак, 30 – Аура, 31 – Радуга

Римскими цифрами обозначены номера рудно-россыпных узлов: I – Чайнинский, II – Рассошинский, III – Верхне-Булунский, IV – Бургачанский, V – Джугаджакский, VI – Верхне-Бургагчанский, VII – Лево-Кедонский, VIII – Биркачанский, IX – Закоронный, X – Анмандыканский, XI – Ольдянинский, XII – Верхне-Коаргычанский

Fig. 1. Tectonic and mineragenic scheme of the Omolon terrain (Glukhov, 2019, amended): 1 – Preriphean crystalline basement; 2 – Riphean – Mid-Jurassic and Upper-Jurassic – Cretaceous structural levels; 3, 4 – volcanic belts (3 –

Kedon, 4 – Okhotsk-Chukotka, and Oloy); 5 – folded framing terrains (KH – Kular-Nera, BJI – Viliga, EP – Yeropol); 6 – granitoids; 7 – faults; 8–13 – geologically and genetically different ore deposits and occurrences: 8 – BIF, 9 – Fe-skarn, 10 – Cu-Mo porphyry, 11 – Ag-polymetallic, lode 12 – epithermal Au-Ag, 13 – mesothermal Ag-polymetallic and Ag-rare metallic; 14 – boundaries of ore-placer districts; 15 – Kongina tectonic zone boundaries

Numbers of deposits: 1 – Kubaka, 2 – Birkachan, 3 – Olcha, 4 – Burgali, 5 – Yolochka, 6 – Evenskoye, 7 – Dal'neye, 8 – Irbychan, 9 – Nevenrekan, 10 – Oroch, 11 – Dzhelty, 12 – Nizhniy Birkachan, 13 – Zakharenko, 14 – Orlinoe, 15 – Vulcan, 16 – Sedoye, 17 – Tabor, 18 – Veчерneye, 19 – Khrustal'noye, 20 – Prognoznoye, 21 – Khivach, 22 – Koargychan, 23 – Lyubimoye, 24 – Tumannoye, 25 – Nadezhda, 26 – Yunoye, 27 – Malovodnoye, 28 – Ryzhik; 29 – Druchak, 30 – Aura, 31 – Raduga

Numbers of ore-placer knots: I – Chayninsky, II – Rassoshinsky, III – Verkhne-Bulunsky, IV – Burgachansky, V – Dzhugadzhaksky, VI – Verkhne-Burgagchansky, VII – Levo-Kedonsky, VIII – Birkachansky, IX – Zakoronny, X – Anmandykansky, XI – Ol'dyaninsky, XII – Verkhne-Koargychansky

генными и карбонатными толщами, и мезозойский ярус, сложенный вулканогенными и осадочными комплексами. На них наложены вулканы Кедонского (КВП), Олойского (ОВП) и Охотско-Чукотского (ОЧВП) окраинно-континентальных поясов. Стратифицированные комплексы прорывают крупные батолиты, относимые к двум интрузивным комплексам – абкитскому (силур) и булунскому (ранний карбон).

Наиболее древние породы ОМ представлены плагиогнейсами и амфиболитами ноддинского комплекса с абсолютными U-Pb и Pb-Pb возрастaми 2.96–3.40 млрд лет (Бибикина и др., 1978; Шевченко, 2006; Акинин, Жуланова, 2016); гнейсы, амфиболиты и кристаллические сланцы ауланджинского комплекса имеют U-Pb возраст 1.99–2.25 млрд лет (Шевченко, 2006). Их перекрывают раннепротерозойские (U-Pb возрастa 1.91–2.03 млрд лет; Шевченко, 2006) метабазиты батикского комплекса, внедрение которых отразилось в изотопных датировках цирконов из архейских комплексов (Акинин, Жуланова, 2016). Консолидация дорифейского кристаллического фундамента ОМ маркируется гранитизацией и внедрением габброидов стрелкинского комплекса (Rb-Sr возраст 1479 ± 31 млн лет; Шевченко, 2006).

Терригенно-карбонатные толщи рифея – нижнего палеозоя и вулканогенно-терригенно-карбонатные отложения, сформированные в интервале от позднего палеозоя до раннего мезозоя, слагают чехол ОМ. Индикатором стабильной плитной обстановки, существовавшей на ОМ в интервале от позднего кембрия до силура, явились крупные интрузии сиенитов с абсолютным Rb-Sr возрастом 537 ± 27 млн лет (Горячев и др., 2017). Коллизионные гранитоиды (Rb-Sr возраст 420 ± 14 – 425 ± 160 млн лет; Горячев и др., 2017) слагают крупные батолитоподобные массивы. Известково-щелочные магматические ассоциации надсубдукционного КВП формировались в интервале с раннего девона (U-Pb датировка вулканитов из основания которого составляет 400.5 ± 4.4 млн лет; Гагиева, Жуланова, 2011) по ранний карбон (Rb-Sr возраст гранитоидов – 321 ± 8 млн лет; Горячев и др., 2017). Позднемезозойские надсубдукционные комплексы ОВП и ОЧВП местами далеко проникают в пределы ОМ (Конгинская зона). Позднемезозойские щелочные габброиды и сиениты имеют рифтогенную природу (Дылевский, 1997).

Строение дорифейского фундамента ОМ определяют моноклинали и гранито-гнейсовые купола (Шевченко, 2006) с крутопадающими границами. Породы рифейско-среднеюрского чехла образуют, напротив, пологие моноклинали и брахисинклинали. Вулканы слагают отрицательные и положительные вулканострук-

туры диаметром 10–30 км. Наиболее крупные разломы характеризуются крутым падением и взбросо-сдвиговой кинематикой. Примером является Верхне-Омолонский глубинный разлом, образованный крутопадающими (30 – 75°) взбросами, образующими зону протяженностью более 100 км и шириной до 15 км. Взбросы и надвиги известны в южной и западной частях ОМ, где по ним пермские толщи надвинуты на отложения мезозоя. Другие разломы северо-восточного простирания представляют собой крутопадающие сбросы и сдвиги.

В деформационной истории ОМ мы выделяем пять этапов (табл. 1). Характер тектонических деформаций и состав вещественных комплексов отражают стабильную, консолидированную структуру террейна, сформировавшуюся к началу рифея. Сменявшие друг друга эпохи сжатия и растяжения при этом не приводили к существенным деформациям, изменявшим структурный рисунок; они лишь способствовали формированию субвертикальных расколов кристаллического фундамента, иногда глубоко проникавших в глубь массива.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПРИКОЛЫМСКОГО ТЕРРЕЙНА

Наиболее древними породами ПК (рис. 2) являются амфиболиты, плагиогнейсы, метабазиты и перидотиты с Pb-Pb возрастом 2.06–2.36 млрд лет (Щербакова и др., 1988; Беус, Миледин, 1990), слагающие тектоническую пластину, приуроченную к зоне регионального надвига. С ними ассоциируют гнейсо-граниты с Pb-Pb возрастом 1.70–1.90 млрд лет (Беус, Миледин, 1990). Близкий U-Pb возраст (1710 ± 21 млн лет) имеют риолиты, ранее считавшиеся поздне-рифейскими (Худолей и др., 2006). Региональный метаморфизм раннепротерозойских пород происходил в условиях амфиболитовой фации. Комплексы позднего протерозоя сложены песчаниками, филлитами, карбонатными породами; среди них широко развит динамотермальный метаморфизм зеленосланцевой фации. Докембрийские образования перекрыты терригенными, вулканогенно-осадочными и карбонатными породами палеозоя – мезозоя. Интрузивные комплексы представлены мелкими телами девонских и меловых гранитоидов, а также дайками позднемеловых базитов. Состав вещественных комплексов ПК отражает существовавшую здесь, начиная с рифея, обстановку пассивной континентальной окраины (Шпикерман, 1998) с циклически проявленным (рифей, кембрий, средний палеозой) рифтогенезом (Булгакова, 1991), изредка осложнявшуюся субдукционными (Трунилина и др., 2004) и коллизионными (Горячев, 1998) событиями.

Таблица 1. Этапы деформаций в истории геологического развития Омолонского террейна
 Table 1. Stages of tectonic deformation in the geological history of the Omolon terrain

Этап	Время действия	Преобладающий кинематический режим	Структурные парагенезисы	Сопутствующие процессы	События геологической истории террейна	Геолого-генетические типы минерализации
1	AR ₂	?	Гранито-гнейсовые купола		Формирование корового субстрата (Жуланова, 1990)	–
2	PR ₁ – RF ₁	Сжатие	Складки, сдвиги	Диафорез, гранитизация	Аккреция ОМ к САК (Смелов, Тимофеев, 2003)	Железистые кварциты, золото-кварцевая
3	PZ ₁	Растяжение	Сдвиги, сбросы	Щелочно-базитовый магматизм	Рифтогенез в зоне сочленения САК и северо-американского крагонов (Kiselev et al., 2016)	–
4	PZ ₁	Сжатие	–	Гранитоидный магматизм	Аккреция Анмандыканской островной дуги к САК (Шпикерман и др., 2001)	Золото-редкометаллическая
5	PZ ₂	Сжатие	Взбросы, сдвиги	Окраинно-континентальный магматизм	Субдукция, формирование КВП (Горячев и др., 2017)	Золото-серебряная, медно-порфировая
6	PZ ₂ – MZ ₁	Растяжение	Сбросы, сдвиги	Щелочно-базитовый магматизм	Рифтогенез (Булгакова, 1991), отделение ОМ от САК и ПК от ОМ (Шпикерман, 1998; Петрищевский, 2015)	–
7	J ₃ – K ₁	Сжатие	Сдвиги	Гранитоидный магматизм	Субдукция, формирование ОВП, коллизия ПК и ОМ (Горячев, 1998; Сидоров и др., 2008)	–
8	K ₁₋₂	Растяжение	Сбросы, сдвиги	Субдукционный магматизм	Образование зон ТМА в тылу ОЧВП (Кузнецов, 2006)	Золото-серебряная, медно-порфировая, серебро-полиметаллическая

Примечание. Прочерк – отсутствие данных.

Рис. 2. Тектоно-минерогеническая схема Приколымского террейна и смежных структур (Глухов, 2019, с изменениями): 1–3 – Приколымский террейн, субтеррейны: 1 – Спиридоновский, 2 – Шаманихинский, 3 – Ярходонский; 4 – прочие террейны; 5 – Уяндино-Ясачненский вулканогенный пояс; 6 – Балыгычано-Сугойский рифтогенный прогиб; 7 – надвиги; 8 – крутопадающие разломы; 9 – позднепалеозойские и мезозойские гранитоиды; 10–16 – месторождения и рудопроявления различных геолого-генетических типов: 10 – мезотермальные жильные и штокверковые Au, 11 – эпитермальные жильные и штокверковые Au-Ag, 12 – штокверковые и жильные Cu-Pb-Zn, 13 – стратиформные Pb-Zn, 14 – стратиформные Cu, 15 – стратиформные Fe, 16 – жильные и штокверковые Sn; 17 – рудно-россыпные узлы. Арабскими цифрами обозначены месторождения и рудопроявления: 1 – Надежда, 2 – Темное, 3 – Тый-Юрье, 4 – Тимша, 5 – Сохатиное, 6 – Ороек, 7 – Невидимка, 8 – Опыт, 9 – Победа. Римскими цифрами обозначены рудно-россыпные узлы: I – Каменский, II – Право-Эджекальский, III – Чилистяхский, IV – Глуховский, V – Глухаринский, VI – Савельевский

Fig. 2. Tectonic and mineragenic scheme of the Kolyma terrain and adjacent structures (Glukhov, 2019, amended): 1–3 – Kolyma terrain, subterrains: 1 – Spiridonova, 2 – Shamanikha, 3 – Yarkhodon; 4 – other terrains; 5 – Uyandina-Yasachnaya volcanic belt; 6 – Balygychan-Sugoy rift-induced trough; 7 – trusts; 8 – high-angle faults; 9 – Late Paleozoic and Mesozoic granitoids; 10–16 –

geologically and genetically different mineral deposits and occurrences; 10 – mesothermal lode and stockwork Au, 11 – epithermal lode and stockwork Au-Ag, 12 – stockwork and lode Cu-Pb-Zn, 13 – stratiform Pb-Zn, 14 – stratiform Cu, 15 – stratiform Fe, 16 – lode and stockwork Sn; 17 – ore-placer knots. Numbers of the deposits: 1 – Nadezhda, 2 – Temnoye, 3 – Tiy-Yurye, 4 – Timsha, 5 – Sokhatinoe, 6 – Oroyok, 7 – Nevidimka, 8 – Opyt, 9 – Pobeda. Numbers of ore-placer knots: I – Kamensky, II – Pravo-Edzhekalsky, III – Chilistyakhsky, IV – Glukhovsky, V – Glukharinsky, VI – Savelyevsky

В структурном отношении ПК представляет собой гигантский аллохтон, образованный пакетами надвиговых чешуй (Шпикерман, 1998; Хаин и др., 2009) центриклинального падения. Результаты структурно-тектонифизических исследований (Глухов и др., 2012; Третьяков, 2016), а также данные по U-Pb датированию и (U/Th)/He низкотемпературной термохронологии обломочных цирконов (Прокопьев и др., 2019) позволяют выделить четыре деформационных этапа, которые коррелируют с геодинамическими обстановками (табл. 2). В структуре ПК наиболее древние раннепротерозойские комплексы дислоцированы и метаморфизованы совместно с рифейско-вендскими. Это принципиально отличает ПК от кратонных

террейнов, например, от ОМ. Все этапы формирования тектонической структуры Приколымья четко параллелизуются с главными этапами развития северо-восточной окраины САК – позднепалеозойским и мезозойским.

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРЕЙНОВ

Для ОМ характерно, главным образом, жильно-прожилковое оруденение. Наиболее многочисленными и изученными являются золоторудные месторождения и проявления, сформировавшиеся в две металлогенические эпохи: средне-, позднепалеозойскую и позднемезозойскую (Мерзляков и др., 1984).

Таблица 2. Этапы деформаций в истории геологического развития Приколымского террейна
 Table 2. Stages of tectonic deformation in the geological history of the Kolyma terrain

Этап	Время действия	Оrientировка осей главных напряжений (в современных координатах)		Структурные парагенезисы	Сопутствующие процессы	События геологической истории террейна	Геолого-генетические типы минерализации
		сжатия	растяжения				
1	RF_2	–	BCB	Сбросы	Базитовый магматизм	Рифтогенез на окраине Пангеи (Тектоника..., 2001)	Медистые песчаники
2	$RF_3 - PZ_1$	CB	–	Надвиги и складки	Зеленосланцевый метаморфизм	Аккреция Спиридоновского и Шаманихинского субтеррейнов (Тектоника..., 2001)	Стратиформная шеслит-сульфидная
3	PZ_2	BCB	CC3	Сбросы, сдвиги	Базитовый магматизм	«Рассеянный» рифтогенез (Булгакова, 1991), отделение ОМ от САК и ПК от ОМ (Тектоника..., 2001; Шпикерман, 2001; Петрищевский, 2015)	Стратиформная свинцово-цинковая
4	$J_3 - K_1$	C3	CB	Надвиги, сбросы	Гранитоидный магматизм	Субдукция, формирование УЯВП, коллизия ПК и ОМ, гранитоидный магматизм (Тектоника..., 2001; Шпикерман и др., 2001)	Медно-порфировая, золото-редкометаллическая
5	K_{1-2}	CC3	–	Сбросы, сдвиги	Вулканизм	Эпиорогенный рифтогенез, формирование ОЧВП	Золото-серебряная

Примечание. Прочерк – нет данных.

Основная часть месторождений и рудопроявлений золота вмещается вулканитами КВП, ОВП и ОЧВП, а также палеозойскими гранитоидами.

Палеозойские *эпитермальные золото-серебряные месторождения* и рудопроявления ассоциируют с вулканитами КВП и сгруппированы в два рудных района (Кубакинский, Кедонский) и один изолированный рудный узел (Хебикенджинский). Наиболее изучены месторождения Кубака (Степанов, Шишакова, 1994; Черняев, Черняева, 2001) и Ольча (Савва, Шахтыров, 2011). Размещение минерализации контролируется очертаниями крупных (20–40 км в диаметре) вулcano-тектонических депрессий, выполненных преимущественно кислыми вулканитами и вулканогенно-осадочными отложениями позднедевонско-раннекаменноугольного возраста. Рудные тела представлены крутопадающими адуляр-карбонат-кварцевыми жилами, которые по вертикали сменяются жильно-прожилковыми зонами. Специфической особенностью руд является низкая сульфидность руд, не превышающая 3–5%, а для наиболее крупных месторождений (Кубака, Биркачан) составляющая 0.1–0.5% (Волков и др., 2016). Золото-серебряное отношение в рудах колеблется от 1:2 до 1:5. Главными минералами продуктивного парагенезиса являются самородное золото и электрум; роль сульфосолей серебра незначительна. Многие месторождения и рудопроявления сопровождаются россыпями (Биркачан, Магнитное, Юное).

Палеозойская мезотермальная *золото-редкометалльная минерализация* образует Рассошинский рудный район, Абкитский, Джугаджакский и Ольдянинский рудные узлы. Рудопроявления (Горячев и др., 2017) располагаются в эндоконтактных зонах гранитоидных plutonov анмандыканского и абкитского комплексов и представлены крутопадающими жилами и прожилково-жильными зонами сульфидно-карбонат-кварцевого. Они представлены жилами и прожилково-жильными зонами полевошпат-кварцевого, сульфидно-карбонат-кварцевого и флюорит-сульфидно-кварцевого состава с молибденитом, блеклыми рудами, теллуридами Au и Ag, самородным золотом. Многие рудопроявления сопровождаются россыпями.

Медно-порфировые рудопроявления связаны с палеозойскими и мезозойскими гранитоидами. К интрузиям диорит-порфиров, гранит-порфиров и риолитов приурочены ореолы пропилитов и аргиллизитов со вкрапленностью пирита, халькопирита, молибденита, а также зоны сульфидно-карбонат-кварцевых прожилков с медно-полиметаллической и золото-серебряной минерализацией (Кораго, Лычагин, 1977; Горячев и др., 2017), которые сопровождаются россыпями.

Конгинская зона ОЧВП, которая пересекает ОМ в меридиональном направлении (Кузнецов, 2006), контролирует размещение *медно-молибден-порфировых* (Вечернее, Хрустальное) и *серебро-полиметаллических* (Вулкан, Седое) рудопроявлений.

На всех выступах дорифейского кристаллического фундамента ОМ присутствуют *железистые кварциты* (Фадеев, 1975).

Всего на ОМ известно 12 рудно-россыпных узлов (см. рис. 1; табл. 3), существенно различающихся как по типу коренных источников, так и по продуктивности.

Разнообразие геолого-генетических типов золотого оруденения и многоэтапность его формирования нашли свое отражение в составе самородного золота из россыпей Омолонского массива (Фомина, 2013). В зависимости от морфологии выделений, внутреннего строения, состава минералов-включений и пробности в россыпях и рудах выделены четыре его минеральных типа (Там же). Первый – высокопробное (800–980‰) медистое золото, связанное с комплексами архей-раннепротерозойского кристаллического фундамента. Второй – умеренно-высокопробное (750–950‰) золото в ассоциации с минералами Te и Bi, связанное с раннепалеозойскими гранитоидами. Золото третьего типа (700–900‰) ассоциирует с теллуридами Au и Ag и связано с вулканитами кедонской серии. Низкопробное (300–550‰) золото четвертого типа связано с меловыми магматическими ассоциациями ОВП и ОЧВП. В шлихах с ним ассоциирует самородное серебро (Лушников, 1991).

Вещественные комплексы ПК вмещают разнообразные по составу и морфологии рудные проявления. Достаточно широко распространены жильные, штокверковые и стратиформные медные и полиметаллические рудопроявления, а также стратиформные железные руды. Наиболее многочисленные месторождения и рудопроявления золота, сопровождающиеся россыпями, принадлежат к *золото-редкометалльной формации* и сгруппированы в шесть золоторудно-россыпных узлов (см. рис. 2; табл. 3); четыре из них образуют Шаманихо-Столбовской рудно-россыпной район (далее – ШСР), в пределах которого сосредоточены все разведанные коренные месторождения и запасы россыпного золота. В минералогическом отношении район принадлежит синаккреционному Яно-Колымскому мегаполюсу (Горячев, 1998). Рудно-россыпные узлы ШСР (Глухаринский, Глуховский, Чилистяхский и Савельевский) приурочены к слабо вскрытым гранитоидным массивам и различаются по средним значениям крупности и пробности россыпного золота (0.73 мм и 870‰; 1.25 мм и 900‰; 0.62 мм и 850‰ и 0.85 мм и 865‰ соответственно).

Таблица 3. Золоторудно-россыпные узлы Омолонского и Приколымского террейнов
Table 3. Gold ore-placer knots of the Omolon and Kolyma terrains

Узел	Площадь узла, км ²	Геолого-генетический тип коренных источников	Пробность золота в россыпях, %	Кол-во россыпей	Запасы в россыпях*, кг	Удельная продуктивность, кг	
						на 1 км ²	на одну россыпь
Приколымский террейн							
Глухаринский	850	Золото-редкометалльный, золото-серебряный	250–920	18	30124	32.5	1674
Глуховский	780	То же	800–930	12	19930	25.7	1161
Савельевский	400	н. д.	820–860	10	1944	4.9	194
Чилистяхский	350	н. д.	850–880	3	1707	22.3	1255
Каменский**	250	Золото-редкометалльный	н. д.	3			
Право-Эджекаль- ский***	100	То же	н. д.				
Омолонский террейн							
Чайнинский	500	Медно-порфировый	730–840	5	2792	5.6	558
Рассошинский	1800	Золото-редкометалльный, золото-серебряный	580–840	32	20093	11.2	628
Джугаджакский	300	То же	670–830	4	3283	10.9	821
Верхне-Булунский	850	"-	500–730	21	10328	12.2	492
Бургагчанский	800	Золото-серебряный, медно-порфировый	600–900	6	2358	3.9	523
Верхне-Бургагчан- ский	1200	Золото-редкометалльный, золото-серебряный	530–910	3	2576	2.1	858
Лево-Кедонский	800	Золото-серебряный	630–790	4	2358	2.9	590
Ольдянинский	600	Золото-редкометалльный	800–820	2	45	0.2	23
Биркачанский	1250	Золото-серебряный, медно-порфировый	600–900	4	1027	0.8	257
Закоронный	870	Медно-порфировый	710–850	4	1084	1.6	271
Анмандыканский	1700	Золото-серебряный, золото-редкометалльный	640–830	6	2059	1.3	343
Верхне-Коаргычан- ский	500	То же	430–830	5	1281	2.6	256

*По данным М. Е. Городинского (2004 г.), включают добытый металл и прогнозные ресурсы категории Р₁.

**Россыпи не разведаны.

***Россыпи не выявлены, прогнозируются.

Размещение минерализации внутри узлов контролируется сопряжением надвигов с надынтрузивными зонами. Рудные тела приурочены к замковым частям крупных асимметричных антиклинальных складок, осложненных более поздними надвигами. Их взаимодействие с крутопадающими разрывами приводило к образованию структур объемного растяжения, благоприятных для формирования зон прожилкования. Другим важным рудоконтролирующим фактором являлся литологический – руды приурочены исключительно к тектоническим пластинам и линзам, сложенным хрупкими компетентными породами (кварцитами, метаморфизованными полевошпатово-кварцевыми песчаниками, риолитами, реже мраморами), «зажатым» среди пластичного тектонического матрикса (слюистые сланцы, метабазиты). В роли геохимических барьеров для рудообразования выступали литологические границы между породами с различной зернистостью и степенью метаморфических преобразований, зоны интенсивных пластических деформаций с межслоевыми деформированными «альпийскими» жилами и прожилками, интенсивной трещиноватости и дробления. Сочетание тектонического и литологического факторов обусловило пологую стратоидную морфологию рудных тел, благоприятную для образования при их эрозии россыпей. Примером является месторождение Надежда, где рудные тела представлены пологими линзовидно-пластообразными зонами сульфидно-кварцевого прожилкования (Глухов, 2013; Глухов и др., 2016). Аналогичное геологическое строение имеют месторождения Тый-Юрье (Бирюков, 2017) и Сохатиное (Протопопов, 1994).

Золото-серебряное оруденение представлено пологими залежами брекчированных и окварцованных рифейских известняков и филлитов (рудопоявления Темное, Тимша) с акантитом, агиларитом, киноварью, электрумом, кюстелитом.

Медно-порфировая формация Приколымья представлена, в первую очередь, рудопоявлениями Невидимка и Опыт (Шпикерман, 1998), образующими Право-Дуксундинский рудный узел (Глухов, Тюкова, 2013). Это штокверки сульфидно-серицит-кварцевого состава, сульфидно-карбонат-кварцевые жилы и залежи скарнов в окружении ореолов серицит-хлорит-кварцевых пропилитов.

Известные до настоящего времени проявления *стратиформной свинцово-цинковой минерализации в карбонатных толщах* сосредоточены на восточном фланге ПК и объединены в ярхондонский рудный комплекс (Шпикерман, 1998; Глухов, Фомина, 2015). Рудные тела вмещаются рифейскими и палеозойскими доломитами и представлены пологими залежами интенсивно

окварцованных тонкослоистых доломитов, содержащих послойную вкрапленность сульфидов.

Стратиформная медная минерализация широко распространена среди рифейских терригенно-карбонатных пород. Известны три рудопоявления и более двух десятков пунктов минерализации, объединенных В. И. Шпикерманом (1998) в Ороевскую металлогеническую зону. Медесодержащие горизонты вмещаются кварц-хлоритоидными сланцами и прослеживаются по простиранию на первые километры.

Стратиформные гематитовые руды также широко развиты на Приколымье, приурочены к контактам сланцев и карбонатных пород и представлены, в первую очередь, месторождением Победа (Шпикерман, 1998).

Стратиформные залежи шеелит-сульфидных руд прогнозируются на западе ПК. Здесь нижнепротерозойские амфиболиты, плагиогнейсы и гнейсо-граниты сопровождаются обширными шлиховыми ореолами рассеяния шеелита.

Золотосодержащие конгломераты известны в основаниях разрезов девона и поздней юры (Литвиненко, 2007). Слабо окатанное золото крупностью менее 0.25 мм в ассоциации с пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, галенитом, молибденитом присутствует как в гальке кварца, так и в цементе. Его источником, вероятно, послужило гипотетическое *золото-кварцевое оруденение*, связанное с позднерифейским либо раннепалеозойским орогенезом.

В рудах и россыпях ПК выделяются четыре основных минеральных типа самородного золота (Глухов и др., 2018). Умеренно-высокопробное (790–920‰) золото в ассоциации с минералами Те и Вi, так же как медистое высокопробное (950–980‰) второго, связано с раннемеловыми золото-редкометалльными рудами и гранитоидами. Низкопробный (250–700‰) металл, ассоциирующий с сульфоселенидами Ag и кюстелитом, связан с ранне-позднемеловым вулканизмом ОЧВП и Омсукчанского рифта. Источником перекристаллизованного высокопробного (750–980‰) золота послужили золотоносные конгломераты.

Таким образом, ОМ и ПК существенно различаются набором геолого-генетических и структурно-морфологических типов минерализации. Для Приколымья типичны пологие рудовмещающие структуры и стратиформное оруденение; на Омолонском массиве, наоборот, развиты исключительно крутопадающие структуры значительной вертикальной протяженности, а стратиформное оруденение редуцировано. Так как главным полезным компонентом, определяющим металлогению обеих структур, является золото, попытаемся проследить, каким образом от-

меченные различия выразились в характере его эндо- и экзогенных концентраций.

Следует учесть, что рассматриваемые террейны характеризуются неодинаковой и в целом неравномерной геологической изученностью, а их месторождения – разведанностью и промышленной освоенностью. Для учета этого обстоятельства в пределах каждого из них выделен ключевой район, где в течение многих десятилетий были сосредоточены основные объемы геологоразведочных и горно-эксплуатационных работ. Эти геолого-экономические районы соответствуют металлогеническому таксону рудного района (Рудные..., 2001; Плющев и др., 2012, 2016). На Приколымье это Шаманихо-Столбовской рудно-россыпной район, где сосредоточены все разведанные золоторудные месторождения и россыпи, а в Омолонском массиве – Южно-Омолонский рудно-россыпной район (далее – ЮОР), объединяющий Биркачанский, Анмандыканский и Закоронный РРУ. Он включает, помимо россыпей, крупные золото-серебряные месторождения Кубака и Биркачан. Главным профильным полезным ископаемым обоих рудных районов является золото; серебро также извлекается из руд Кубака и Биркачана, но в геохимическом (с учетом кларкового нормирования по Е. В. Плющеву (Рудные..., 2001) и стоимостном эквиваленте его роль ничтожна. Именно эти районы мы будем использовать для сопоставления.

В табл. 4 приведено сравнение количественных параметров золотоносности для каждого из террейнов в целом, а также для ключевых районов. В его основу положено количество добытого металла, разведанные запасы и прогнозные ресурсы категории P_1 . Анализ этих цифр показывает следующее. Общая золотоносность ОМ почти в 4 раза выше, чем ПК. В структуре золотоносно-

сти ОМ абсолютно преобладают рудные месторождения, ПК – россыпные. По количественным параметрам (количество рудно-россыпных узлов, их площадь) ОМ в несколько раз превосходит ПК.

Таблица 4. Количественные характеристики золотоносности Омолонского и Приколымского террейнов

Table 4. Quantitative characteristics of gold productivity of the Omolon and Kolyma terrains

Параметры	Террейн	
	Омолонский	Приколымский
Количество разведанных и оцененных месторождений:		
рудных	5	4
россыпных	96	45
Суммарные запасы*, т:		
рудных**	187	16
россыпных***	50	53
В том числе рудные районы	Южно-Омолонский****	Шаманихо-Столбовской
Количество разведанных и оцененных месторождений:		
рудных	3	4
россыпных	10	42
Суммарные запасы*, т:		
рудных**	177	16
россыпных***	3	54

*Включают разведанные запасы, прогнозные ресурсы категории P_1 и количество добытого металла.

**По данным компании Polymetal International Plc.: <https://www.polymetal-international.com/ru/assets>.

***По данным М. Е. Городинского (2004 г.).

****Включает Анмандыканский, Биркачанский и Закоронный рудно-россыпные узлы.

Таблица 5. Прогнозный металлогенический потенциал Омолонского и Приколымского террейнов (Рудные..., 2001)

Table 5. Proposed metallogenic potential of the Omolon and Kolyma terrains (Ore..., 2001)

Параметры	Террейн	
	Омолонский	Приколымский
Количество рудных и рудно-россыпных узлов	12	6
В том числе высокоперспективных	11	1
Профиль РУ (по степени промышленной значимости)	Au, Ag, Fe, Mo, Cu, Pb, Zn	Au, Cu, Pb, Zn, Fe
Сумма прогнозных ресурсов условного Au	2454	33

В то же время удельная продуктивность россыпей ПК (количество металла на одну россыпь и на единицу площади россыпных узлов) более чем вдвое выше, а все они сосредоточены в четырех пространственно сближенных россыпных узлах. Еще более информативным является сопоставление рудно-россыпных районов. Суммарные запасы рудного золота ЮОР в 11 раз превышают ШСР, а россыпного – в 17 раз уступают ему. Картину дополняет прогнозная оценка металлогенического потенциала ОМ и ПК (табл. 5), выполненная специалистами ВСЕГЕИ под руководством Е. В. Плющева (Рудные..., 2001; Плющев и др., 2012). Как видно, по прогнозным ресурсам Приколымье на два порядка уступает Омолонскому массиву. Полагаем, что приведенные цифры говорят сами за себя.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Попытаемся объяснить причины столь существенных различий. На первый взгляд, можно сделать вывод, что они заключаются в различных россыпеобразующих способностях золото-серебряной минерализации, определяющей металлогенический облик ОМ, и золото-редкометалльной, преобладающей на ПК. Однако, с одной стороны, на ПК золото-серебряное оруденение также присутствует и поставляет в россыпи определенное количество низкопробного металла (Прейс, Палымский, 1988; Глухов и др., 2018). С другой – и на ОМ умеренно-высокопробное золото, поступившее из золото-редкометалльных источников, играет существенную роль в балансе металла всех узлов (Показаньев и др., 1980; Лушников, 1991), а для некоторых – преобладает (например, Джугаджакский).

Воспользуемся подходом к анализу россыпной золотоносности, разработанным В. П. Полевановым (1988а,б, 1990). Этот исследователь рассматривал россыпные районы и провинции как самостоятельные металлогенические таксоны. Тектоническая структура интенсивно дислоцированных складчато-надвиговых поясов, характеризующаяся широким развитием складок и разрывов, способствовала формированию рассеянной золотой минерализации, благоприятной для россыпеобразования. Напротив, жесткие, консолидированные региональные структуры с немногочисленными крупными разломами являются благоприятными для концентрации эндогенного оруденения с образованием крупных коренных месторождений. В этом контексте ПК наследует общую для Яно-Колымского металлогенического мегапояса специфику, который представляет собой *золотороссыпную* (выделено мною. – А. Г.) провинцию в понимании В. П. Полеванова (1988б).

Таким образом, ПК может рассматриваться как золотороссыпная, т. е. с экстенсивной золотой минерализацией металлогеническая зона, а ОМ – золоторудная, т. е. с концентрированным оруденением. Обусловлено это принципиальными различиями тектонической структуры и геодинамической природы этих террейнов, которые, с позиций геодинамической систематики рудоносных структур (Старостин, 1990), определили диаметрально отличные режимы рудообразования. ПК представляет собой составной террейн надвигового строения, формирование структуры которого происходило почти непрерывно, начиная с раннего протерозоя и до кайнозоя включительно (Прокопьев и др., 2019). Эпизоды сжатия, сопровождавшиеся складко- и надвигообразованием, разделялись длительными эпохами медленного растяжения. С позиций геодинамической систематики рудоносных структур (Старостин, 1990) такой режим соответствует классу сдвигов и надвигов. Мобильная геологическая структура ПК с преобладанием пологих надвигов способствовала последовательному усилению неоднородности состава литосферы и неоднократной реювенации рудного вещества. В соответствии с «первым законом рудообразования» Л. Н. Овчинникова (*рудообразование есть переход металлов от рассеяния к концентрации*; 1986) минерализация, в отсутствие магистральной рудоконтролирующей структуры, концентрировалась на множестве «частных» структурных и литологических (надвиговые пластины) барьеров, формируя разрозненные скопления. Каждое из них в отдельности могло обладать высоким кларком концентрации, однако в сколь-нибудь значимом объеме геологического пространства средние содержания полезного компонента оказывались низкими. При таком сценарии формировалось множество мелких рудоконцентраций, что благоприятствовало образованию россыпей; формирование богатого оруденения было маловероятно (Абрамович, 1998).

Напротив, ОМ представляет собой жесткую структуру, консолидированную уже к началу рифея. На протяжении всей дальнейшей геологической летописи он сохранял свое внутреннее строение. Многочисленные эпохи сжатия и растяжения на протяжении фанерозоя существенно не изменили структурный рисунок ОМ и лишь способствовали формированию субвертикальных расколов кристаллического фундамента, по которым наложенные тектоно-магматические процессы проникали далеко в глубь массива (Кузнецов, 2006), формируя объекты с концентрированным оруденением. Подобный геодинамический режим относится к классу блоковых штампов (Старостин, 1990). По мнению И. И. Абрамовича и И. Г. Клушина (1987), в условиях высокой вари-

тивности температур и давлений, которая является следствием частых структурных подвижек, могут формироваться лишь мелкие и бедные месторождения; для формирования же крупных и богатых объектов необходима стабильность геодинамического режима. Консолидированный характер дорифейского фундамента ОМ сделал также невозможным формирование так называемых структур латерального выжимания и сменяющих их в пространстве «геодинамических убежищ», вмещающих орогенные золото-кварцевые месторождения (Корольков, 2007). Это объясняет отсутствие на ОМ синаккреционного позднеюрско-раннемелового оруденения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многие черты металлогении региональных структур объясняются особенностями их тектоники и геодинамической эволюции. Наиболее контрастно это проявляется у докембрийских террейнов по причине длительной истории их геологического развития, охватившей несколько эпох тектогенеза. Продуктивность золоторудно-россыпных узлов служит одним из количественных параметров металлоносности, который находится в зависимости от тектоники, в частности, наличия либо отсутствия консолидированного дорифейского фундамента и, как следствие, подвижности либо, наоборот, стабильности региональной структуры. Эта зависимость реализуется через морфологию и условия залегания рудных тел и рудоконтролирующих разломов, глубину их проникновения, спектр геолого-генетических типов минерализации и ее богатство.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамович И. И. Геодинамика и мантийные корни рудных формаций. Москва: МПР, Геокарт, 1998. 140 с.
- Абрамович И. И., Клушин И. Г. Геодинамика и металлогения складчатых областей. Ленинград: Недра, 1987. 247 с.
- Акинин В. В., Жуланова И. Л. Возраст и геохимия циркона из древнейших метаморфических пород Омогонского массива (Северо-Восток России) // Геохимия. 2016. № 8. С. 675–684.
- Беус В. А., Миледин А. К. Новые данные о возрасте метаморфического комплекса Приколымского поднятия // ДАН СССР. 1990. Т. 311, № 4. С. 925–928.
- Бибикова Е. В., Макаров В. А., Грачева Т. В., Сеславинский Т. Б. Возраст древнейших пород Омогонского массива // ДАН СССР. 1978. Т. 241. № 2. С. 434–436.
- Бирюков А. А. Месторождение Тый-Юрья – новый золоторудный объект на Приколымском террейне // Чтения памяти академика К. В. Симакова: Материалы докладов Всерос. науч. конф. (Магадан, 22–24 нояб. 2017 г.). Магадан: ИП Жарикова Т. П., 2017. С. 76–78.
- Булгакова М. Д. Ранний – средний палеозой Северо-Востока СССР (седиментологический анализ). Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1991. 104 с.
- Волков А. В., Сидоров А. А., Савва Н. Е., Прокофьев В. Ю., Колова Е. Е., Мурашов К. Ю., Земскова М. И. Особенности эпитезмального рудообразования в Кедонском палеозойском вулканоплутоническом поясе Северо-Востока России, по данным геохимических исследований Au-Ag оруденения // Вулканология и сейсмология. 2016. № 6. С. 3–21. DOI: 10.7868/S0203030616060079.
- Гагиева А. М., Жуланова И. Л. Геохронометрия среднепалеозойских вулканитов Омогонского массива: сопоставление K-Ar, Rb-Sr, U-Pb данных, геологическая интерпретация (Северо-Восток Азии) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30, № 3. С. 3–19.
- Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. С. 1–572.
- Глухов А. Н. Геологическое строение и состав руд золоторудного месторождения Надежда // Отечественная геология. 2013. № 4. С. 7–17.
- Глухов А. Н. Тектонические факторы рудогенеза докембрийских террейнов на примере Приколымского поднятия и Омогонского массива (Северо-Восток Азии) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2019. Т. 64. Вып. 2. С. 219–248.
- Глухов А. Н., Тюкова Е. Э. Перспективы развития минерально-сырьевой базы меди Магаданской области // Руды и металлы. 2013. № 5. С. 21–33.
- Глухов А. Н., Фомина М. И. Новые данные о стратиформной полиметаллической минерализации в карбонатных толщах Приколымского террейна // Отечественная геология. 2015. № 3. С. 37–44.
- Глухов А. Н., Гладков А. С., Кошкарёв Д. А., Лунина О. В. Тектонофизические критерии геодинамической эволюции Приколымского террейна (Северо-Восток России) // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 3. № 4. С. 361–375.
- Глухов А. Н., Савва Н. Е., Буляков Г. Х., Фомина М. И., Бирюков А. А. Самородное золото в рудах и россыпях Глухаринского узла, Магаданская область // Руды и металлы. 2018. № 2. С. 55–65.
- Глухов А. Н., Савва Н. Е., Колова Е. Е. Вещественный состав и генезис золотых руд месторождения Надежда, Магаданская область // Руды и металлы. 2016. № 4. С. 60–71.
- Горячев Н. А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 210 с.
- Горячев Н. А., Егоров В. Н., Савва Н. Е., Кузнецов В. М., Фомина М. И., Рожков П. Ю. Геология и металлогения фанерозойских комплексов юга Омогонского массива. Владивосток: Дальнаука, 2017. 312 с.
- Дылевский Е. Ф. Айэнэнский интрузив и особенности его щелочных сиенитов // Магматизм и оруденение Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. С. 108–134.
- Жуланова И. Л. Земная кора Северо-Востока Азии в докембрии и фанерозое. Москва: Наука, 1990. 304 с.
- Кораго Е. А., Лычагин П. П. Особенности среднепалеозойских вулканитов Омогонского массива и перспективы связанного с ним медно-молибденового оруденения // Вопросы геологии срединных массивов Северо-Востока СССР. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 99–103.

Корольков А. Т. Геодинамика золоторудных районов Восточной Сибири. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. 251 с.

Кузнецов В. М. Разнопорядковые структуры тектоно-магматической активизации в Верхояно-Чукотской складчатой области // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2006. № 2. С. 2–12.

Литвиненко И. С. Геохимия и парагенезис самородного золота россыпных месторождений Шаманихо-Столбовского района // Чтения памяти акад. К. В. Симакова : тез. докл. Всерос. науч. конф. Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2007. С. 95–96.

Лушников Л. А. Некоторые поисковые критерии россыпной золотоносности Кедон-Коркодонского района Омолонского срединного массива // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан : Кн. изд-во, 1991. Вып. 27. С. 224–235.

Мерзляков В. М., Дылевский Е. Ф., Лычагин П. П., Терехов М. И. Тектоника, магматизм и металлогения Омолонского срединного массива // Геология и полезные ископаемые Северо-Востока Азии. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 140–151.

Овчинников Л. Н. Геохимические основы поисков рудных месторождений // Геохимия в локальном металлогеническом анализе. Новосибирск : ИГиГ СО АН СССР, 1986. С. 3–4.

Овчинников Л. Н. Прикладная геохимия. М. : Недра, 1990. 248 с.

Петрищевский А. М. Колымо-Омолонская плита – обособленный литосферный фрагмент // Региональные проблемы. 2015. Т. 18, № 1. С. 3–20.

Плющев Е. В., Кашин С. В., Соловьев Н. С. Месторождения, рудные узлы и металлогенические зоны как компоненты иерархической металлогенической системы // Региональная геология и металлогения. 2016. № 65. С. 71–83.

Плющев Е. В., Шатов В. В., Кашин С. В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований. Санкт-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. 560 с.

Показаньев В. П., Вялов А. Г., Пчелинцева Р. З. Вопросы металлогении Абкитского плутона // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан : Кн. изд-во, 1980. Вып. 25. С. 130–137.

Полеванов В. П. Золотороссыпные провинции как самостоятельные структурно-металлогенические зоны // Колыма. 1988б. № 9. С. 10–13.

Полеванов В. П. Некоторые закономерности локализации россыпей золота юго-востока Иньяли-Дебинского синклинария // Колыма. 1988а. № 4. С. 8–11.

Полеванов В. П. Россыпеобразующие золоторудные формации и их продуктивность // Там же. 1990. № 6. С. 5–8.

Прейс В. К., Палымский Б. Ф. Минералогия самородного золота одной из россыпей Приколымского горст-антиклинария // Там же. 1988. № 4. С. 11–13.

Прокопьев А. В., Ершова В. Б., Стокли Д. (U/Th)/Ne низкотемпературная термохронология обломочных цирконов (ZHe) из осадочных пород южной части Приколымского террейна (Верхояно-Колымская складчатая область) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : материа-

лы IX Всерос. науч.-практ. конф. : в 2-х т. Якутск : Издат. дом СВФУ, 2019. Т. 1. С. 114–117.

Протопопов Г. И. Первые находки рудного золота в Шаманихо-Столбовском золотороссыпном районе Северо-Востока России // Руды и металлы. 1994. № 3. С. 31–32.

Россыпные месторождения России и других стран СНГ (минералогия, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы). Москва : Науч. мир, 1997. 479 с.

Рудные узлы России. Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 2001. 416 с.

Савва Н. Е., Прейс В. К. Атлас самородного золота Северо-Востока СССР. Москва : Наука, 1990. 292 с.

Савва Н. Е., Шахтыров В. Г. Золото-серебряное месторождение Ольча : тектоническая позиция, структура и минералогическая характеристика // Геология рудных месторождений. 2011. Т. 53, № 5. С. 462–486.

Сидоров А. А., Волков А. В. Металлогения окраинноморской литосферы (Северо-Восток России) // Литосфера. 2015. № 1. С. 24–34.

Сидоров А. А., Волков А. В., Алексеев В. Ю. О металлогении кратонных террейнов и районов «пологих дислокаций» на Северо-Востоке России // Доклады Академии наук. 2008. Т. 423, № 6. С. 783–786.

Сидоров А. А., Чехов А. Д., Волков А. В. О металлогенической эволюции палеоукраинноморской литосферы мезозойда Северо-Востока Азии // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2012. № 1. С. 2–7.

Смелов А. П., Тимофеев В. Ф. Террейновый анализ и геодинамическая модель формирования Северо-Азиатского кратона в раннем докембрии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22, № 6. С. 42–54.

Старостин В. И. Геодинамические типы рудоносных структур // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1990. № 3. С. 28–47.

Степанов В. А., Мельников А. В. О продуктивности рудно-россыпных узлов Приамурской золотоносной провинции // Разведка и охрана недр. 2017. № 1. С. 8–19.

Степанов В. А., Шишакова Л. Н. Кубакинское золото-серебряное месторождение. Владивосток : Дальнаука, 1994. 195 с.

Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). Москва : МАИК «Наука / Интерпериодика», 2001. 571 с.

Толтегин Ю. Г., Генкин П. О. Основные черты геоморфологии и россыпной золотоносности Юкагирского плоскогорья // Колыма. 1974. № 5. С. 32–34.

Третьяков А. В. Закономерности россыпной золотоносности востока Казахстана // Известия НАН РК. Сер. геол. 2010. № 1. С. 39–45.

Третьяков Ф. Ф. О тектоническом строении Приколымского террейна Верхояно-Колымской орогенной области (структурно-статистический анализ) // Отечественная геология. 2016. № 6. С. 85–90.

Трунилина В. А., Орлов Ю. С., Роев С. П. Магматические ассоциации Уяндино-Ясачненского вулканоплутонического пояса и его геодинамическая природа // Там же. 2004. № 4. С. 61–67.

Фадеев А. П. Железорудные проявления Южно-Омолонского района // Колыма. 1975. № 6. С. 41–43.

Фомина М. И. Типоморфные особенности самородного золота на Омолонском массиве // Материалы

Всерос. конф. «Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений». Москва : ИГЕМ РАН, 2013. С. 113.

Хаин В. Е., Филатова Н. И., Полякова И. Д. Тектоника, геодинамика и перспективы нефтегазоносности Восточно-Арктических морей и их континентального обрамления. Москва : Наука, 2009. 227 с. (Тр. ГИН РАН; вып. 601).

Худoley А. К., Ткаченко В. И., Матуков Д. И., Бережная Н. Г., Сергеев С. А. Новые данные о возрасте докембрийских вулканитов хакдонской серии (Восточное Приколымье) // Доклады Академии наук. 2006. Т. 411, № 4. С. 505–509.

Черняев Е. В., Черняева Е. И. Структура и условия локализации золотого оруденения Кубакинского рудного поля // Известия Томского политех. ун-та. 2001. С. 225–243. (Т. 304. Вып. 23: Геология, поиски и разведка полезных ископаемых Сибири).

Шевченко В. М. Архей и протерозой Омолонского массива. Петрология и изотопный возраст. Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2006. 176 с.

Шпикерман В. И. Домеловая минерализация Северо-Востока Азии. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 333 с.

Шпикерман В. И., Горячев Н. А., Егоров В. Н. О силурийском тектогенезе, магматизме и метаморфизме на Северо-Востоке Азии // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. Т. 1. С. 102–103.

Щеглов А. Д. Современное состояние теоретических основ металлогении. Ленинград : Институт естествознания и техники АН СССР, 1989. 24 с.

Щербакова И. П., Березнер О. С., Беус В. А., Ткаченко В. И. Дорифейский метаморфический комплекс в Приколымье // Магматические и метаморфические комплексы Северо-Востока СССР и составление Госгеолкарты-50. Магадан : СВКНИИ ДВО АН СССР, 1988. С. 75–76.

Kiselev A. I., Kochnev B. B., Yarmolyuk V. V., Rogov V. I., Egorov K. N. The Early Paleozoic magmatism in the northeastern Siberian craton // Geodynamics & Tectonophysics. 2016. 7 (2). P. 233–250.

Поступила в редакцию 09.07.2019 г.

Поступила после доработки 10.10.2019 г.

PRODUCTIVITY OF GOLD-ORE AREAS OF THE OMOLON AND KOLYMA TERRAINS (Northeast Asia)

A. N. Glukhov

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n. a. N. A. Shilo, FEB RAS, Magadan

The article considers the influence of tectonics and geodynamic evolution of pre-Cambrian terrains on ore and placer productivity, which is exemplified by the Omolon massif and the Kolyma elevation. It briefly characterizes geologic-genetic types of mineralization and presents parameters of ore-placer knots. It is shown that the Omolon massif is a gold-ore metallogenic zone, while the Kolyma elevation is a gold-placer one, which is caused by fundamental differences in the tectonic structures and the geodynamic histories of the terrains: the terrain former is a rigid structure consolidated by the early Neoproterozoic; the latter, the composite terrain, is structurally similar to a fold-thrust belt. The author concludes that many features of the Precambrian terrains metallogeny are explained by peculiarities of their tectonic evolution. In particular, productivity of gold ore-placer knots depends on of the availability of the consolidated Preriphean basement. This dependence is carried out through morphology and conditions of ore bodies and ore-controlling faults deposition, their penetration depth, the range geologic and genetic types of gold mineralization, and its richness.

Keywords: gold placer, lode gold, terrain, productivity, ore forming, Precambrian, consolidated, thrust-faulted, metallogenic.

REFERENCES

Abramovich, I. I., 1998. Geodynamics and Mantle Roots of the Mineral Deposit Types. St. Petersburg, Geokart [In Russian].

Abramovich, I. I., Klushin, I. G., 1987. Geodynamics and Metallogeny of Fold Belts. Leningrad, Nedra [In Russian].

Akinin, V. V., Zhulanova, I. L., 2016. Age and Geochemistry of Zircon from Oldest Metamorphic Rocks of the Omolon Massif (Northeast Russia), *Geochemistry International*. 54 (8), 651–659.

Beus, V. A., Miledin, A. K., 1990. New Data on the Age of Metamorphic Complex of the Kolyma Elevation, *Doklady Akademiyi Nauk SSSR*. 311 (2), 925–928 [In Russian].

Bibikova, E. V., Makarov, V. A., Gracheva, T. V., Sevastianovskiy, T. B., 1978. The Age of the Omolon Massif Old-est Rocks, *Ibid*. 241 (2), 434–436 [In Russian].

Birukov, A. A., 2017. Tiy-Yurya Deposit: New Gold Ore Object at the Prikolymsky Terrain, *Conference Dedicated to the Memory of Academician K. V. Sima-*

kov : *Conference Proceedings (Magadan, November 22–24, 2017)*. Magadan, NEISRI FEB RAS, 76–78 [In Russian].

Bulgakova, M. D., 1991. Early – Middle Paleozoic of North-East of the USSR (Sedimentology Analysis). Yakutsk, YSC AS USSR [In Russian].

Cherniaev, E. V., Cherniaeva, E. I., 2001. Structure and Localization of Gold Mineralization of the Kubaka Gold Field, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University-Geo Assets Engineering*. 304 (23), 225–243 [In Russian].

Fadeev, A. P., 1975. Iron Mineralization of South Omolon District, *Kolyma*. 6, 41–43 [In Russian].

Fomina, M. I., 2013. Typomorphic Peculiarities of Native Gold at the Omolon Massif, *Proceedings of All-Russia Conference "Ore-Forming Processes from Model to Forecasting"*. Moscow, IGM, 113 [In Russian].

Gagieva, A. M., Zhulanova, I. L., 2011. Geochronometry of the Middle Paleozoic Volcanites of the Omolon Massif in Northeast Asia: Comparison of the K-Ar, Rb-Sr, and U-Pb Data and Their Geological Interpretation, *Russian Journal of Pacific Geology*. 5 (3), 181–198.

Glukhov, A. N., 2013. Geological Structure and Ore Composition of the Nadezhda Gold Deposit (Magadan Oblast), *Otechestvennaya Geologiya*. 4, 7–17 [In Russian].

Glukhov, A. N., 2019. Tectonic Framework for Metallogeny of Precambrian Structures on the Example of Kolyma and Omolon Terrains (North-East of the Asia), *Vestnik of Saint Petersburg University, Earth Sciences*. 64 (2), 219–248.

Glukhov, A. N., Fomina, M. I., 2015. New Data on Stratiform Polymetallic Mineralization in Carbonate Rocks of the Kolyma Terrain, *Otechestvennaya Geologiya*. (3), 37–44 [In Russian].

Glukhov, A. N., Gladkov, A. S., Koshkarev, D. A., Lunina, O. V., 2012. Tectonophysical Evidences of Geodynamic Evolution of the Kolyma Terrain (North-Eastern Regions of Russia), *Geodynamics & Tectonophysics*. 3 (4), 361–375. DOI: 10.5800/GT2012340079 [In Russian].

Glukhov, A. N., Tuykova, E. E., 2013. Prospects for Developing Copper Resources in Magadan Oblast, *Rudy i Metally*. 5, 21–33 [In Russian].

Glukhov, A. N., Savva, N. E., Bulyakov, G. H., Fomina, M. I., Biryukov, A. A., 2018. Native Gold in Ores and Placers of the Glukhariny Knot, Magadan Oblast, *Ibid.* 2, 55–64 [In Russian].

Glukhov, A. N., Savva, N. E., Kolova, E. E., 2016. Ore Mineralogy and Genesis of the Nadezhda Gold Deposit, Magadan Oblast, *Ibid.* 4, 60–71 [In Russian].

Goryachev, N. A., 1998. Geology of Mesozoic Gold-Quartz Lode Belts in the North-East of Asia. Magadan, NEISRI FEB RAS [In Russian].

Goryachev, N. A., Yegorov, V. N., Savva, N. E., Kuznetsov, V. M., Fomina, M. I., Rozhkov, P. Yu., 2017. Geology and Metallogeny of Phanerozoic Assemblages in the South of the Omolon Microcontinent. Vladivostok, Dal'nauka [In Russian].

Dylevsky, E. F., 1997. Aienensk Intrusion and Some Features of Its Alkaline Syenites, *Magmatism and Mineralization of Russia's North-East*. Magadan, NEISRI FEB RAS, 108–134 [In Russian].

Khain, V. E., Filatova, N. I., Polyakova, I. D., 2009. Tectonics, Geodynamics, and Petroleum Potential of the Eastern Arctic Seas and Their Continental Framing,

Transactions of the Geological Institute, 601. Moscow, Nauka [In Russian].

Khudoley, A. K., Tkachenko, V. I., Matukov, D. I., Berezhnaya, N. G., Sergeev, S. A., 2006. New Age Data on Precambrian Volcanic Rocks of the Khakdon Group, Eastern Kolyma Region, *Doklady Earth Sciences*. 411 (9), 1357–1361.

Kiselev, A. I., Kochnev, B. B., Yarmolyuk, V. V., Rogov, V. I., Egorov, K. N., 2016. The Early Paleozoic Magmatism in the Northeastern Siberian Craton, *Geodynamics & Tectonophysics*, 7 (2), 233–250.

Korago, E. A., Lychagin, P. P., 1977. Peculiarities of Middle-Paleozoic Volcanic Units of the Omolon Massif and Prospects of the Associated Moly-Copper Mineralization, *Issues in Geology of the Stable Massifs of the North-East of the USSR*. Magadan, SVKNII DVNC AN USSR, 99–103 [In Russian].

Korolkov, A. T., 2007. Geodynamics of Gold-Ore Districts in East Siberia. Irkutsk, Irkutsk University [In Russian].

Kuznetsov, V. M., 2006. Different-Scale Structures of Tectonic and Magmatic Activation of the Verkhoyansk-Chukotka Folding Belt, *Vestnik NESR FEB RAS*. 2, 2–12 [In Russian].

Litvinenko, I. S., 2007. Geochemistry and Paragenesis of Native Gold of Placer Deposits of the Shamanikha-Stolbovskoy District, *Conference Dedicated to the Memory of Academician K. V. Simakov, Proceedings (Magadan, November 27–29, 2007)*. Magadan, NESR FEB RAS, 95–96 [In Russian].

Lushnikov, L. A., 1991. Some Exploration Criteria for Gold Placers of Kedon-Korkodon District of the Omolon Median Massif, *Materials on Geology and Mineralization of the North-East of the USSR*. Magadan, 27, 224–235 [In Russian].

Merzlyakov, V. M., Dylevskiy, E. F., Lychagin, P. P., Terekhov, M. I., 1984. Tectonics, Magmatism, and Metallogeny of the Omolon Median Massif, *Geology and Minerals of the North-East of Asia*. Vladivostok, FESC AS USSR [In Russian].

Ore Knots of Russia, 2001. St. Petersburg, VSEGEI [In Russian].

Ovchinnikov, L. N., 1986. Geochemical Foundations of Ore Deposit Exploration, *Geochemistry in Local Metallogenic Analysis*. Novosibirsk, SO AN SSSR, 3–4 [In Russian].

Ovchinnikov, L. N., 1990. Applied Geochemistry. Moscow, Nedra [In Russian].

Placer Deposits of Russia and Other CIS Countries, 1997. Moscow, Scientific World [In Russian].

Petrishchevsky, A. M., 2015. Kolyma-Omolon Plate – Separate Fragment of Lithosphere, *Regional'nye Problemy*. 18 (1), 3–20 [In Russian].

Plushev, E. V., Kashin, S. V., Solovyov, N. S., 2016. Ore Deposits, Clusters, and Metallogenic Zones as Components of the Hierarchic Metallogenic System, *Regional Geology and Metallogeny*. 65, 71–83 [In Russian].

Plushev, E. V., Shatov, V. V., Kashin, S. V., 2012. Metallogeny of Hydrothermal-Altered Rocks. St. Petersburg, VSEGEI [In Russian].

Pokazanyev, V. P., Vyalov, A. G., Pchelintseva, R. Z., 1980. Issues in Metallogeny of the Abkit Pluton, *Materi-*

als on Geology and Mineralization of the North-East of the USSR. Magadan, 25, 130–137 [In Russian].

Polevanov, V. P., 1988. Some Regularities of Localization of Gold Placers in the South-East of the Inyali-Debin Synclinorium, *Kolyma*. 4, 8–11 [In Russian].

Polevanov, V. P., 1988. Gold-Placer Provinces as Autonomous Structural and Metallogenic Zones, *Kolyma*. 9, 10–13 [In Russian].

Polevanov, V. P., 1990. Placer-Formative Types of Gold Mineralization and Their Productivity, *Ibid.* 6, 5–8 [In Russian].

Preys, V. K., Palymskiy, B. F., 1988. Mineralogy of Native Gold from One of the of the Kolyma Horst Anticlinorium Placers, *Ibid.* 4, 11–13 [In Russian].

Prokopyev, A. V., Yershova, V. B., Stokley, D., 2019. (U/Th)/He Low-Temperature Thermochronology of Detrital Zircons (ZHe) from the Sedimentary Rocks of South Part of Kolyma Terrain, *Geology and Mineral Resources of the North-East of the Russia, Proceedings of IX All-Russia Conference*. Yakutsk, North-East Federal University, 1, 114–117 [In Russian].

Protopopov, G. I., 1994. The First Discoveries of Ore Gold in the Shamanikha-Stolbovaya Gold Placer District, *Rudy i Metally*. 3, 31–32 [In Russian].

Savva, N. E., Preys, V. K., 1990. Atlas of Native Gold of the North-East of the USSR. Moscow, Nauka [In Russian].

Savva, N. E., Shakhtyrov, V. G., 2011. The Ol'cha Gold-Silver Deposit: Tectonic Setting, Structure, and Mineralogy, *Geology of Ore Deposits*. 53 (5), 412–433.

Shcheglov, A. D., 1989. Modern Theoretical Foundations of Metallogeny. Leningrad, Institut Estestvoznaniia i Tekhniki AN SSSR [In Russian].

Shevchenko, V. M., 2006. Archaean and Proterozoic of the Omolon Massif, *Petrology and Isotopic Age*. Magadan, NESCFEB RAS [In Russian].

Shcherbakova, I. P., Berezner, O. S., Beus, V. A., Tkachenko, V. I., 1988. Early Precambrian Metamorphic Complex in Prikolymye, Magmatic and Metamorphic Complexes of North-East of the USSR and Compiling Federal Geological Map 50. Magadan, SVKNII DVO AN USSR, 75–76 [In Russian].

Shpikerman, V. I., 1998. Pre-Cretaceous Metallogeny of Northeast Asia. Magadan, NEISRI FEB RAS [In Russian].

Shpikerman, V. I., Goryachev, N. A., Yegorov, V. N., 2001. On Silurian Tectogenesis, Magmatism, and Metamorphism in the North-East of Asia. *Problems of Geology and Metallogeny in Northeast Asia in the New Millennium*, Magadan, NEISRI FEB RAS [In Russian].

Sidorov, A. A., 1998. Ore Formations and Historical Analysis of Precious Metals Mineralization. Magadan, NEISRI FEB RAS [In Russian].

Sidorov, A. A., Chekhov, A. D., Volkov, A. V., 2012. On Metallogenical Evolution of the Mesozoic Marginal Sea Lithosphere (Northeast Russia), *Vestnik NESCFEB RAS*. 1, 2–7 [In Russian].

Sidorov, A. A., Volkov, A. V., 2015. Metallogeny of the Marginal Sea Lithosphere (Northeast Russia), *Litosfera*. 1, 24–34 [In Russian].

Sidorov, A. A., Volkov, A. V., Alekseev, V. Yu., 2008. Metallogeny of Craton Terrains and “Shallow Dislocation” Areas in the North-East of the Russia, *Doklady Akademii Nauk*. 423 (6), 783–786 [In Russian].

Smelov, A. P., Timofeyev, V. F., 2003. Terrain Analysis and the Geodynamic Model of the North Asian Craton Formation in Early Precambrian, *Russian Journal of Pacific Geology*. 22 (6), 42–54 [In Russian].

Starostin, V. I., 1990. Geodynamic Types of Ore-Bearing Structures, *Bulletin of Moscow State University, Geology*. 3, 28–47 [In Russian].

Stepanov, V. A., Mel'nikov, A. V., 2016. On the Productivity of Ore-Placer Knots in the Amur Gold Province, *Prospect and Protection of Mineral Resources*. 1, 8–19 [In Russian].

Stepanov, V. A., Shishakova, L. N., 1994. Kubaka Gold-Silver Deposit. Vladivostok, Dal'nauka [In Russian].

Tectonics, Geodynamics, and Metallogeny of the Sakha Republic (Yakutia), 2001. MAIK “Nauka / Interperiodica”. Moscow [In Russian].

Tolpegin, Yu. G., Genkin, P. O., 1974. Main Features of Geomorphology and Gold Placers of the Yukagir Upland, *Kolyma*. 5, 32–34 [In Russian].

Tretyakov, A. V., 2010. Regularities in Gold Placers of the East of Kazakhstan, *Bulletin of National Academy of Science of Kazakhstan, Geology*. 1, 39–45 [In Russian].

Tretyakov, F. F., 2016. Tectonic Structure of the Kolyma Terrain of the Verkhoyano-Kolyma Orogenic Belt, Structural-Statistic Analysis, *Otechestvennaya Geologiya*. 6, 85–90 [In Russian].

Trunilina, V. A., Orlov, Yu. S., Roev, S. P., 2004. Magmatic Associations of the Uyandina-Yasachnaya Volcanic Belt and Its Geodynamical Nature, *Ibid.* 4, 61–67 [In Russian].

Volkov, A. V., Sidorov, A. A., Savva, N. E., Prokofyev, V. Yu., Kolova, E. E., Murashov, K. Yu., Shevchenko V. M., 2006. Archaean and Proterozoic Rocks of the Omolon Massif – Petrology and Isotope Age. Magadan, NESCFEB RAS [In Russian].

Volkov, A. V., Sidorov, A. A., Savva, N. E., Prokofyev, V. Yu., Kolova, E. E., Murashov, K. Yu., Zemskova, M. I., 2016. Epithermal Mineralization in the Kedon Paleozoic Volcano-Plutonic Belt, Northeast Russia, Geochemical Studies of Au-Ag Mineralization, *Journal of Volcanology and Seismology*. 11(1), 1–19 [In Russian].

Zemskova, M. I., 2016. Epithermal Mineralization in the Kedon Paleozoic Volcano-Plutonic Belt, Northeast Russia: Geochemical Studies of Au-Ag Mineralization, *Ibid.* 11 (1), 1–19.

Zhulanova, I. L., 1990. The Earth Crust of Northeast Asia – in Precambrian and Phanerozoic. Moscow, Nauka [In Russian].